

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛУНЖЕРНЫХ НАСОСОВ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН

Давыдов А.В., Мурашко А.Ф.

научный руководитель – профессор Макушкин Д.О.

*Сибирский федеральный университет*

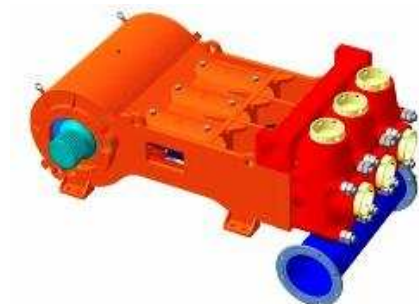
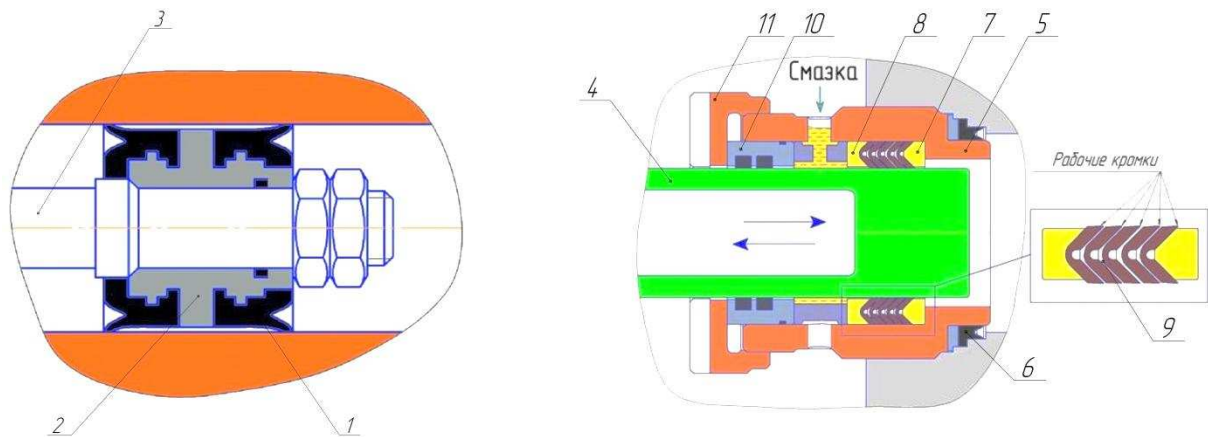


Рисунок 1 – Плунжерный насос

Буровой насос является основным потребителем энергии при бурении нефтяных и газовых скважин (до 75% приводной энергии). В настоящее время производители активно работают как над усовершенствованием существующих насосов (например, буровой насос УНБ-600АШ компании «УМЗ»), так и над внедрением принципиально новых конструкций (гексагональный буровой насос компании «National Oilwell Varco»).

Наиболее распространенными на сегодняшний день являются поршневые трехцилиндровые насосы одностороннего действия, такие как УНБТ-600, УНБТ-950, УНБТ-1180 и УНБТ-1600 производства завода «Уралмаш», а также НБТ-600 и ВНБТ-950 производства «ВЗБТ». Также в эксплуатации, по большей части в разведочном бурении, находится большое количество поршневых двухцилиндровых насосов двойного действия УНБ-600. Последние считаются устаревшими ввиду увеличенных габаритов (длина насоса увеличена из-за наличия второй камеры цилиндра), большой массы (из-за литой неразъемной станины и наличия 8 клапанов) и сняты с массового производства.

В то же время современные поршневые насосы, такие как УНБТ-950, не лишены недостатков. К основным недостаткам относится низкая долговечность сменных деталей гидравлической части насоса, что, в свою очередь, приводит к частым ремонтам и дорогостоящим простоям бурового оборудования. Наряду с тарельчатыми клапанами, наиболее слабым звеном УНБТ является поршень. Низкая долговечность поршня связана с высокими давлениями работы насоса, необходимостью использования буровых растворов высокой плотности для борьбы с аномально высокими пластовыми давлениями (АВПД) и низкой степенью очистки бурового раствора после выхода из скважины.



1 – уплотнение поршня; 2 – металлический сердечник; 3 – шток; 4 – плунжер;  
 5 – корпус уплотнения; 6 – уплотнение корпуса; 7,8 – манжетодержатели;  
 9 – пакет уплотнений; 10 – грундбукса; 11 – нажимная гайка;  
 Рисунок 2 – Поршневой и плунжерный типы вытеснителей

Конечно, система подачи охлаждающей жидкости (СОЖ) увеличивает долговечность цилиндропоршневой пары, но и этого в наше время бывает недостаточно. Сегодня, когда буровые компании пытаются всесторонне оптимизировать собственные расходы для ведения конкурентной борьбы за разработку новых месторождений, стоимость проходки одного метра скважины является во многом критичной.

В связи с этим весьма перспективным смотрится плунжерный тип вытеснителя. В своей основе плунжер и поршень имеют один и тот же принцип вытеснения объема жидкости, однако уплотнение поршня подвижно, в отличие от уплотнения плунжера. В результате, к неподвижному уплотнению плунжера можно подвести смазочное масло и, тем самым увеличить долговечность пары плунжер-уплотнение плунжера, в среднем, в 4 раза. Таким образом, плунжер насоса работает в условиях жидкостного трения, которое дает возможность увеличить скорость движения плунжера без опасности разрушения уплотнения.

Конечно, в сознании многих специалистов давно закрепился стереотип плунжерных насосов, как насосов предназначенных для создания больших давлений, но неспособных создавать необходимую подачу. Из базового курса гидравлики известно:

$$Q = v \cdot S,$$

где  $v$  - скорость вытеснения жидкости;

$S$  - площадь вытесняемого потока;

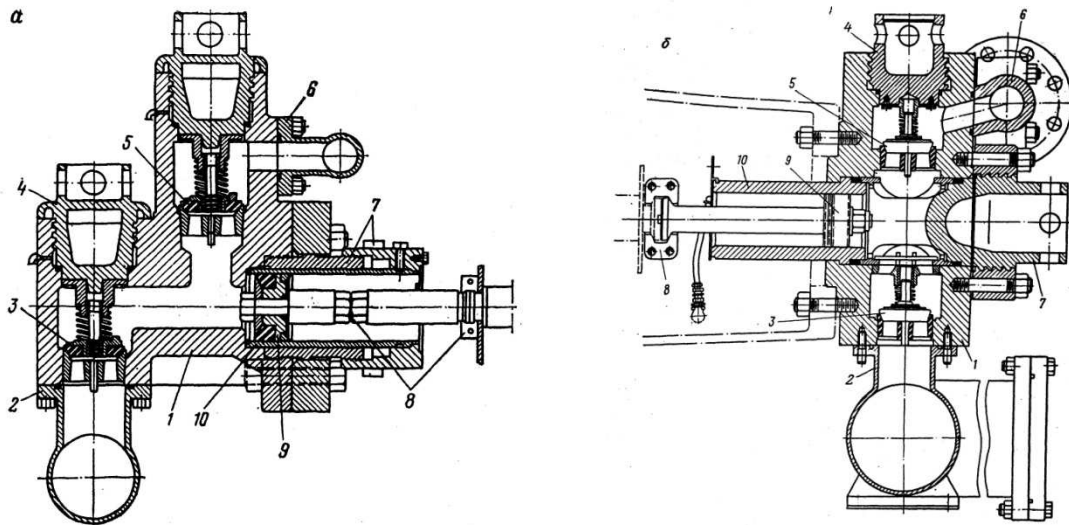
$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4},$$

где  $d$  - диаметр вытесняемого потока.

Таким образом, для создания оптимального соотношения  $P-Q$  насоса, необходимо всего лишь найти оптимальный диаметр плунжера.

Изменения в гидравлической части плунжерных насосов типа СИН коснулись не только замены типа вытеснителя. В поршневых насосах типа НБТ и УНБТ используется L-образная гидравлическая коробка. С одной стороны, это облегчает эксплуатацию насоса, т.к. можно легко получить доступ к всасывающему клапану насоса, который подвержен износу больше нагнетательного. Но с другой стороны, такая конструкция

увеличивает габариты коробки, ее вес, и уменьшает гидравлическую мощность, т.к. несет большое количество вредного объема не вытесняемого при работе насоса.



1 – гидравлическая коробка; 2,6 – входной и выходной коллекторы; 3,5 – всасывающий и нагнетательный клапаны; 4 – крышка клапана; 7 – крышка цилиндра; 8 – крепление штока; 9 – поршень со штоком; 10 – втулка цилиндра

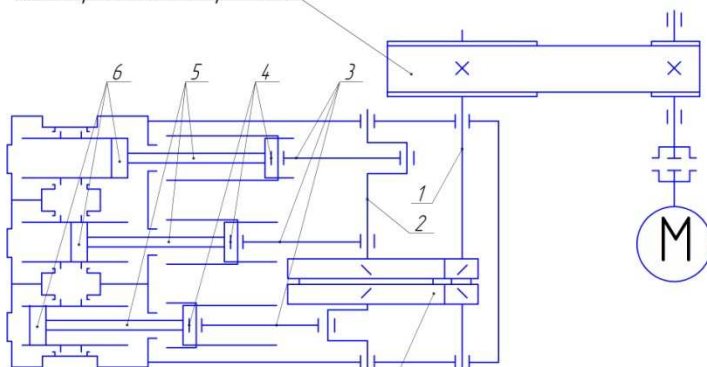
Рисунок 3 – L-образная и прямоточная гидравлические коробки

В отличие от поршневых насосов, плунжерные насосы типа СИН снабжены гидравлической коробкой прямоточного действия, т.е. нагнетательный и всасывающий клапаны расположены друг под другом. Как уже отмечалось ранее, такая конструкция обладает меньшим количеством вредного объема, однако усложняется обслуживание насоса.

Однако, компания «Синергия» пошла дальше в развитии идеи использования плунжерных насосов для бурения. Помимо гидравлической части, разработчики внесли серьезные изменения в трансмиссионную часть насоса.

Так, например, в поршневом насосе типа УНБТ передача вращения от двигателя происходит через клиновую передачу на трансмиссионный вал, который, в свою очередь, через шевронное зацепление передается на коренной вал.

*Клиновременная передача*



*Зубчатая передача*

1 – приводной вал; 2 – коренной вал; 3 – шатун; 4 – крейцкопф; 5 – шток; 6 – вытеснитель

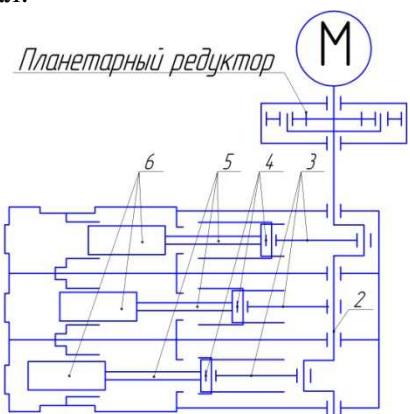


Рисунок 4 – Трансмиссии насосов поршневого и плунжерного типа

Таким образом, редуктор (зацепление трансмиссионный вал – коренной вал) встроен в станину насоса. Такой подход имеет множество недостатков: большой вес в результате использования шестерни коренного вала большого диаметра, низкую технологичность изготовления из-за своих габаритов, низкую ремонтопригодность (для замены изношенного зацепления необходимо полностью разбирать станину, снимать с опор коренной вал и разбирать шатуны). Использование зубчатых колес таких габаритов было продиктовано большими нагрузками, которые испытывали зубья передачи.

В конструкции буровых плунжерных насосов типа СИН тип передачи заменен с шевронного на планетарный.

Известна формула

$$N = M \cdot n,$$

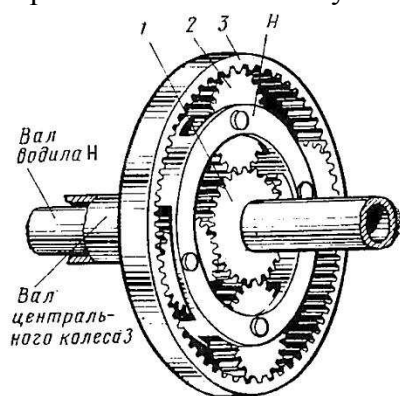
где  $N$  - передаваемая мощность;

$M$  - крутящий момент;

$n$  - число оборотов;

Таким образом, при повышении скорости вращения приводного вала уменьшается крутящий момент при одной и той же передаваемой мощности. В поршневых насосах повышение скорости вращения коренного вала выше 125 об/мин означает разрушение уплотнение поршня. В плунжерных насосах, благодаря смазке, подводимой к плунжеру через уплотнение, такого ограничения нет и возможно увеличить скорость вращения в 2-3 раза.

Планетарное зацепление обладает более оптимальным распределением нагрузок на зубья, что позволило серьезно уменьшить вес редуктора и вынести его за корпус насоса. Кроме того, в трансмиссии поршневых насосов используются подшипники качения. Большим недостатком данных подшипников являются большие размеры, так как они несут большие нагрузки. Большие размеры ведут к увеличению погрешностей при изготовлении и к зазорам при установке подшипников на коренной вал насоса. При эксплуатации насоса зазоры приводят к неравномерному распределению нагрузок и, как следствие, быстрому выходу из строя. В противовес подшипникам качения в плунжерных насосах используются более прогрессивные подшипники скольжения.



1 – ведущее колесо; H – водило; 2 – сателлиты; 3 – центральное колесо

Рисунок 5 – Планетарный редуктор

Помимо всего прочего, использование подшипников скольжения позволяет уменьшить уровень шума при работе агрегата. В результате технических решений, реализованных в гидравлической и приводной частях, многократно снижен вес насоса и уменьшены его габариты (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика насосов различного типа

	УНБ-600	НБТ-600	СИН-61	УНБТ-950	УНБТ-1180	СИН-71
Гидравлическая мощность, кВт	500	540	500	855	1060	1000
Максимальное рабочее давление, МПа	25,0	25,0	50,0	32,0	40,0	40,0
Максимальная подача, л/с	50,9	42,9	46,2	46,0	46,0	60,0
Габариты, мм	5000х 3000х 3240	4842х 2408х 2009	2040х 1120х 840	5550х 3250х 3250	5550х 5400х 3400	2400х 1500х 1100
Масса, кг	22000	14000	3000	22700	23500	6000

Преимущества плунжерных насосов уже оценили по достоинству некоторые компании, такие как БК «Евразия», «Анега-Бурение», «Башнефть-Геострой».

В итоге, очевидным является тот факт, что использование плунжерных насосов при бурении нефтяных и газовых скважин является крайне перспективным. Уменьшенные габариты и вес насосов делает их крайне привлекательными для использования на мобильных буровых установках. При использовании плунжерного типа вытеснителя имеется серьезный резерв для повышения давления нагнетания за счет того, что нагрузка действует не на одну кромку, как у поршневых насосов, а распределяется по кромкам пакета уплотнительных колец.

Однако, данное оборудование требует более квалифицированного обслуживания, по сравнению с поршневыми насосами.